

(別紙5)

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-122
補助事業名 平成26年度 ダイラタント流体の流動特性とその応用 補助事業
補助事業者名 奈良工業高等専門学校機械工学科 小柴 孝

1 研究の概要

本事業は、ダイラタント流体（液体中に濃厚濃度の固体粒子を含む粒子懸濁液）の流動特性を明らかにし、その特徴である流動に伴う抵抗増加（ダイラタンシー）を利用して自転車の抑速ブレーキを開発することを目標としている。実験では、ダイラタント流体のせん断物性の測定ならびにせん断流動の観察より流動特性の詳細を考察した。さらに、自転車の車軸をモデル化した同心二重円筒を用いて流動時の抵抗測定などによりダイラタンシー発生時の粒子挙動について実験、考察を行なった。

2 研究の目的と背景

環境にやさしく、安価で利便性に富む自転車は、老若男女を問わず、これまで多くの人に利用されてきた。しかしながら、昨今、一部の利用者による交通法規の理解不足、ならびにモラルやマナーの欠如から自転車に関係したトラブルや交通事故が多発し、社会的問題に発展している。利用者の意識を向上させるには、各種研修会や講習会の開催、さらには交通法規の改正等が効果的と考えるが、その一方で事故防止を目的とした安全対策を自転車に施すことも同時に考える必要がある。

特に、自転車の速度超過は、重大な事故（対歩行者）に発展することから、如何に安全な速度で走行できるような対策（抑速効果）を講じるかは、搭乗者や歩行者の安全確保に加え、環境保護に対する自転車の利用促進の観点から重要な課題である。このような背景のもと、本事業では、自転車の速度超過を抑制するための抑速ブレーキを開発することを目標とした。具体的には、車輪の回転数の増加（速度増加）に対し、何らかの負荷を作用させて速度制限を与えるものである。本事業では、その負荷としてダイラタント流体を利用する。ダイラタント流体とは、液体中に濃厚濃度の固体粒子が懸濁した流体であり、流動とともに流動抵抗が増大する特徴（ダイラタンシー）を有する。本事業では、ダイラタント流体のこの特性を利用するものであり、そのために、まず、ダイラタント流体の流動特性について粒子の形状因子や濃度など影響を調べる。そして、自転車の車軸を同心二重円筒によりモデル化し、回転に伴うトルク変動特性などより同流体の流動特性を明らかにすることを目的とする。

3 研究内容

①物性測定および流動制御に関する基礎実験

ダイラタント流体のせん断粘度特性を回転式レオメータで測定した。その結果、低せん

(別紙5)

断速度域では、せん断速度の増加とともにせん断粘度が低下する挙動が見られ、臨界せん断速度以上では、せん断速度の増加に対する粘度上昇、すなわちダイラタンシーが発生した。ただし、ダイラタンシーの発生には、粒子濃度や形状、さらに粒子分散の他に、新たに分散媒物性にも関係していることがわかった。

②流れの可視化実験

回転式レオメータのせん断流れをさらに詳細に調べるために別途、可視化装置を制作した。ガラスプレート（平行平板）を用いた流れの可視化実験より、流動抵抗の増大が生じる回転数では、プレート外周部近傍で粒子凝集による渋滞効果（図1）が確認された。ただし、粒子の凝集は、局所的なものであり、流動中に発生・消失を繰り返した（図2）。なお、粒子凝集による渋滞効果は、粒子形状および分散媒物性に依存したものであった。

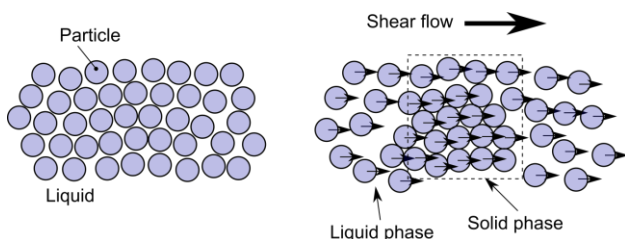


図1 粒子凝集による渋滞効果

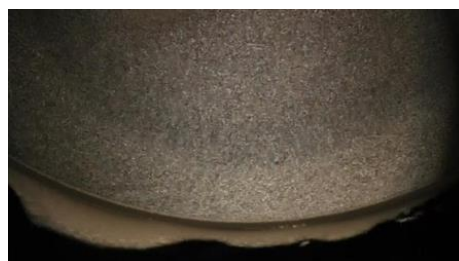


図2 可視化写真

(水と片栗粉：体積分率40%)

③流動抵抗測定に関する実験

同心二重円筒内におけるダイラタント流体の流動抵抗を測定するために図3のような装置を製作した。実験内容としては、流動抵抗（トルク）測定、流れの可視化、壁面圧力測定である。流動抵抗に関し、速度変化に対する時間応答の実験では、広い範囲の回転数において、急激な抵抗増加が見られた。さらに、回転速度の増加とともに周期的な振動が生じ、流動中、局所的に粒子凝集による渋滞効果の発生を示唆する結果が得られた（図4）。

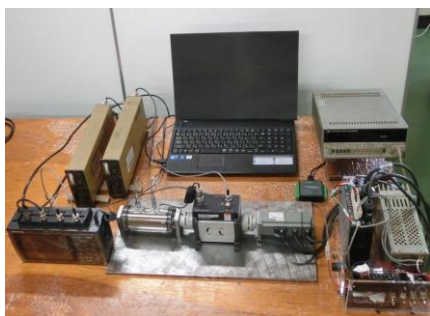


図3 実験装置

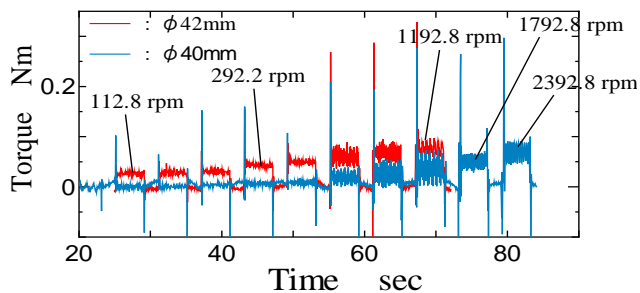


図4 流動抵抗の時間応答

(水と片栗粉：体積分率40%)

(別紙5)

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究は、自転車の抑速ブレーキの開発を目指すものであり、その効果は自転車の安全性の向上と自転車利用の促進に繋がるものとする。一方、本研究で扱ったダイラタント流体のような濃厚濃度の粒子懸濁液は、その特徴を生かして、現在、衝撃吸収や動力伝達媒体として利用されているが、本研究で得られた成果は、同分野における材料開発や現象解明などにも有効であると考えられる。

また、粒子懸濁液の工業的な利用としては、各種研磨剤や回転系機械加工における潤滑剤などに用いられている。その際、懸濁液の流動特性は、エネルギー問題や環境問題と深く関係するものであり、本研究の成果は同分野において有効に活用されるものとする。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで高分子系水溶液、界面活性剤水溶液、粒子懸濁液などの複雑流体の物性や流れ挙動について研究を行ってきたが、今回の研究内容の一部は、過去の研究テーマに追従したものと位置づけている。しかしながら、研究体系としては、これまで流動現象の解明に主眼を置いたものに対し、本研究は、複雑流体の応用および流体特性を利用した機器開発を目指すものとしていることから、これまでの研究成果をさらに発展させたものに当たる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表】

・“Observation of phase transition in shear flow of dilatant fluid”、The 5th TSME International Conference on Mechanical Engineering (TSME-ICoME2014)、Proceedings (USB、TSF020) (Dec. 18th、2014、Chiang Mai、Thailand)

・「同心二重円筒内における濃厚粒子懸濁液の流動挙動」、日本機械学会関西支部関西学生学生会卒業研究発表講演会講演前刷集、12-7 (平成27年3月14日)

【イベント出展】

・平成26年度奈良高専オープンキャンパス (平成26年10月25、26日、奈良高専)

・「青少年のための科学の祭典・奈良大会」 (平成26年11月22日、奈良教育大学)

(別紙5)

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの
該当なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの
イベント出展におけるパネル (図5)

平成26年度奈良県高等学校・入試説明会 10月25, 26日

ダイラタント流体の流動特性とその応用

ダイラタント流体とは、液体中に固体粒子が分散する粒子サスペンションの一種で流動中に急激な流動抵抗を示す特徴を持ちます。この流動抵抗は、液体中の粒子の集積が起因となり液相から固相への相変化によるものと考えられています。ダイラタント流体は多くの分野で利用されています。例えば、

- ①自動車など輸送系機械の衝撃吸収や振動抑制、さらに伝達系における潤滑オイル
- ②モーターバイク用タイヤスーツのほか、スポーツ系における衝撃吸収材
- ③振動防止剤
- ④カプセル剤
- ⑤リハビリ機器など、ほかにたくさんあります。

ダイラタント流体の身近な例としては、水と片栗粉の混合物(重量比1:1)が挙げられます。

本事業の目的:
ダイラタント流体の流動時における抵抗増大を自転車のブレーキに応用し、抑速ブレーキの開発を目標に、その基礎実験を行うものです。

実験装置および実験内容:

実験装置の写真を右に示します。
・自転車の車輪をアクリルパイプと真鍮棒でモデル化しています。
・アクリルパイプと真鍮棒は、同心タイプと偏心タイプの2種類用意しています。
・ダイラタント流体として、ポリダノステン酸ナトリウム水溶液と片栗粉(重量比1:1)の混合物を使用します。
・真鍮棒とアクリルパイプの間にダイラタント流体を封入します。
・サーボモーターで真鍮棒を回転させ、ダイラタント流体による抵抗増加をトルク変換器で計測し、流動時の流れの様子を可視化するともにパイプ内径の圧力測定を行います。

実験条件:
・粒子(分散質)形状および濃度、流体(分散媒)の種類など。

本事業は、数輪の補助を受けて実施しています。



図5 事業紹介パネル

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 奈良工業高等専門学校 (ナラコウギョウコウトウセンモンガッコウ)

住所: 〒639-1080

大和郡山市矢田町2-2

申請者: 教授 小柴 孝 (コシバ タカシ)

担当部署: 機械工学科 (キカイコウガッカ)

E-mail: koshiiba@mech.nara-k.ac.jp

URL: <http://www.complexf.mech.nara-k.ac.jp>